

Thesis

MUNICH

1964

✓
EX

**Fütterungsversuche mit Fischmehlen an
Ratten unter besonderer
Berücksichtigung ihres Lysingehalts**

Hans Ecker

Aus dem Institut für Physiologie und Ernährung der Tiere
der Universität München

-----Vorstand: Professor Dr. Dr. Johs. Brüggemann-----

FÜTTERUNGSVERSUCHE MIT FISCHMEHLEN AN RATTEN
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG IHRES
LYSINGEHALTS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Hans Ecker
aus
Freising

München 1964

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. L. Kotter

Referent: Professor Dr. Dr. Johs. Brüggemann

Tag der Promotion: 28. Februar 1964

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Einleitung	1
B. Literaturübersicht	2
I. Die Aminosäure Lysin in ihrer Funktion als Eiweißbaustein	2
II. Die Bedeutung des Lysins für den nutritiven Wert der Eiweißfuttermittel	4
III. Lysinbestimmungsverfahren	6
1. Chemische Methoden	6
2. Biologische Methoden	7
IV. Lysinbedarf	7
V. Fischmehl	8
VI. Versuchsfrage	8
C. Eigene Untersuchungen	10
I. Material und Methodik	11
1. Tiermaterial	11
2. Einrichtungen und Versuchstechnik	11
3. Rationen	12
II. Ergebnisse	16
III. Diskussion	21
D. Zusammenfassung	25
E. Literaturverzeichnis	26
Lebenslauf	29



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A. EINLEITUNG

Den Wiederkäuern ist mit Hilfe ihrer Vormagenflora eine Synthese von essentiellen Aminosäuren aus nichtessentiellen Aminosäuren und niedermolekularen N-haltigen Verbindungen möglich. Da diese Tiere somit auf die Zufuhr hochwertiger Eiweißfuttermittel weitgehend verzichten können, ist es verhältnismäßig einfach, ihre Proteinversorgung qualitativ ausreichend und wirtschaftlich zu gestalten.

Im Gegensatz dazu ist bei den landwirtschaftlichen Nutztieren mit einhöhligem Magen - Schwein und Geflügel - die optimale Eiweißversorgung ein Problem ersten Ranges. Eine Proteinzufuhr im Überschuß, um qualitative Mängel auszugleichen, wie sie in den Zivilisationsländern in der Ernährung des Menschen üblich ist, bedeutet eine Proteinvergeudung und ist häufig unwirtschaftlich.

Obwohl heute bereits ein Teil der teuren und weltweit knappen tierischen Eiweißfuttermittel durch billigere pflanzliche Produkte ersetzt werden kann, ist es in der Fütterungspraxis noch nicht möglich, generell auf einen Zusatz dieser wertvollen Eiweißquellen zu verzichten.

Eine Aufgabe der Ernährungsphysiologie ist es daher, den Bedarf an tierischem Protein durch Verbesserung der Ausnutzung pflanzlicher Proteinquellen soweit wie möglich einzuschränken und so die Erzeugung von Fleisch und Eiern zur menschlichen Ernährung möglichst wirtschaftlich zu gestalten.

Der geringere Wert der meisten Eiweißfuttermittel pflanzlichen Ursprungs liegt vor allem in ihrem dem Bedarf des tierischen Organismus entsprechend nicht ausgeglichenen Gehalt an essentiellen Aminosäuren.

Neben Methionin (bzw. Cystin) ist es besonders das Lysin, dessen zu geringe Konzentration in zahlreichen pflanzlichen Proteinen für deren geringere Qualität verantwortlich ist. Es ist daher nötig, den Gehalt der Eiweißfuttermittel an verfügbarem Lysin möglichst genau festzustellen. Die Lysinzufuhr in der praktischen Fütterung kann dann dem Bedarf an dieser Aminosäure besser Rechnung tragen, indem die Futterproteine auf eine optimale Lysinzufuhr hin miteinander kombiniert werden.

B. LITERATURÜBERSICHT

I. Die Aminosäure Lysin in ihrer Funktion als Eiweißbaustein

Die Eiweißstoffe stellen den Hauptteil der organischen Gesamtmasse im tierischen Organismus dar. Sie unterscheiden sich von den übrigen organischen Bestandteilen durch ihr hohes Molekulargewicht und durch einen fast konstanten Gehalt an Stickstoff (etwa 16 %).

Während die Pflanzen zu einer totalen Synthese der Proteine aus den Grundbausteinen befähigt sind (Wasser, Kohlendioxyd, Ammoniak, Nitrat, Sulfat), ist im tierischen Stoffwechsel nur eine partielle Synthese aus von Pflanzen vorgebildeten Bauelementen, den Aminosäuren, möglich (eine Ausnahme hiervon bilden allerdings die sogenannten "nichtessentiellen" Aminosäuren).

Aus dem Vorkommen, der mengenmäßigen Konzentration, der Art der Bindung und der räumlichen Anordnung von etwa 20 Aminosäuren ergeben sich unzählige Kombinationsmöglichkeiten, woraus sich die ungeheure Vielfalt und Verschiedenheit der Eiweißstoffe in Aufbau und Funktion erklärt.

Bei den Aminosäuren handelt es sich um Carbonsäuren, bei welchen mindestens ein an einem Kohlenstoffatom befindliches Wasserstoffatom durch eine Aminogruppe ersetzt ist (mit Ausnahme von Prolin und Oxyprolin). Neben dieser basischen Aminogruppe ist für eine Aminosäure noch die saure Carboxylgruppe (COOH-Gruppe) charakteristisch.

Alle als Eiweißbausteine wichtigen Aminosäuren sind α -Aminosäuren, d. h. daß die Aminogruppe bzw. eine der Aminogruppen der Carboxylgruppe benachbart liegt.

Wie schon erwähnt, kann ein Teil dieser Aminosäuren vom tierischen Organismus nicht synthetisiert werden, da ihm die Fähigkeit fehlt, die entsprechende Carbonsäure aufzubauen oder an das bereits bestehende Kohlenstoffgerüst die Aminogruppe zu binden. Einige weitere Aminosäuren vermag der Tierkörper zwar zu bilden, aber nicht in einem für das Wachstum ausreichenden Ausmaße, während andere als Eiweißbausteine vorkommende Aminosäuren auch der tierische Organismus aufbauen kann.

Man spricht demnach von essentiellen, semi-essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren. Die essentiellen Aminosäuren, auch exogene Aminosäuren genannt, müssen also, da sie für das Tier unentbehrlich sind, dem Körper mit der Nahrung zugeführt werden (OSBORNE und MENDEL, 1914 und ROSE, 1937).

Unter den essentiellen Aminosäuren kommt dem Lysin, schon da es mengenmäßig einen wesentlichen Bestandteil des tierischen Eiweißes bildet, eine hervorragende Bedeutung zu. Außerdem wird es offenbar nicht in Transaminierungsreaktionen einbezogen.

Das Lysin (α - ϵ -Diamino-n-Capronsäure) hat das Molekulargewicht 146.19. Die Summenformel ist $C_6H_{14}O_2N_2$.

Im Gegensatz zu einigen anderen Aminosäuren ist bei Lysin nur die L-(+)-Form physiologisch aktiv, d. h. für die Proteinsynthese verwertbar.

Gemäß dem Baustoffcharakter der essentiellen Aminosäure Lysin ist sie insbesondere zur Bildung von tierischem Eiweiß unerlässlich, während sie in einigen pflanzlichen Proteinen fehlt.

Gerade aus diesem Grunde ist die Zufuhr von Lysin in ausreichenden Mengen besonders bei wachsenden Organismen notwendig. Doch auch beim erwachsenen Individuum unterliegt der Eiweißbestand einem ständigen Umbau. Dies führt zu einem dauernden Verlust von N-haltigen Ab- und Umbauprodukten, der wiederum durch die Zufuhr von essentiellen Aminosäuren für die Synthese von neuem Körpereiwweiß ausgeglichen werden muß.

Fehlt daher auch nur eine essentielle Aminosäure in der Nahrung, z. B. das Lysin, so kann kein Körpereiwweiß aufgebaut werden. Bei wachsenden Tieren tritt also ein Wachstumsstillstand ein, während es bei erwachsenen Individuen zu Verlusten von Körpereiwweiß kommt.

Neben einer Störung des Eiweißstoffwechsels kommt es zur Beeinträchtigung des Knochenwachstums und der Verknöcherung (HAGGAR u. Mitarb., 1955).

Ebenso kann für den physiologischen Verlauf der Trächtigkeit sowie für eine ungestörte Laktation auf die ausreichende Zufuhr gerade von Lysin nicht verzichtet werden. Ein Lysinmangel in der Nahrung wirkt sich auf die normale Funktion der Keimdrüsen nur im Sinne einer Hemmung ihrer Tätigkeit aus. Veränderungen im Bau oder in der Funktionsfähigkeit werden zunächst nicht beobachtet.

Alle diese Erscheinungen treten in verringertem Maße und weniger ausgeprägt auf, wenn die Zufuhr von Lysin lediglich suboptimal ist.

Gerade diese suboptimale Versorgung des tierischen Organismus mit essentiellen Nährstoffen ist eine häufige Ursache von meist nicht oder zu spät erkannten Ausfallserscheinungen, die zu den noch immer hohen Verlusten gerade in der Jungtieraufzucht führen.

Eine Sonderfunktion im Stoffwechsel, wie sie dem Methionin (z. B. als Methylgruppen-Donator) zu eigen ist, konnte bisher für das Lysin nicht nachgewiesen werden. Die Bedeutung des Lysins scheint daher ausschließlich in dessen Bausteincharakter zu liegen.

Lysin nimmt jedoch insofern eine Ausnahmestellung unter den Aminosäuren ein, als es an Transaminierungen zwischen den übrigen Aminosäuren nicht beteiligt ist. Auf das Lysin wirksame Transaminasen konnten auch seit dieser Feststellung durch COHEN (1939) nicht nachgewiesen werden.

Selbst wenn das dem Lysin entsprechende Kohlenstoffgerüst - die Capronsäure - dem Körper zur Verfügung steht, gelingt es ihm nicht, wie bei den übrigen Aminosäuren, Lysin durch die Einführung der Aminogruppen zu synthetisieren.

Diese biochemische Sonderstellung des Lysins unterstreicht noch dessen Bedeutung im Stoffwechsel, welche auch dadurch nicht geringer wird, daß beim Zerfall von Körpereweiß freiwerdendes Lysin für die Resynthese von Organprotein verwendet werden kann, vorausgesetzt, daß es vorher nicht desaminiert wurde (WEISMANN und SCHOENHEIMER, 1948). Dies gilt natürlich ebenso für alle anderen Aminosäuren.

II. Die Bedeutung des Lysins für den nutritiven Wert der Eiweißfuttermittel

Wie bereits aufgezeigt, kann sowohl der wachsende als auch der erwachsene Organismus auf eine ständige Zufuhr aller essentiellen Aminosäuren und insbesondere des Lysins nicht verzichten.

Wachstumsstadium, Wachstumsgeschwindigkeit, die Leistungsintensität des Organismus sowie rassenbedingte und individuelle Unterschiede variieren den Lysinbedarf.

Es ist daher verständlich, daß der Eiweißanteil einer Ration in seiner Höhe und dem Aminosäuremuster dem jeweiligen Zustand des Organismus angepaßt werden sollte.

Eine Zufuhr von essentiellen Aminosäuren in genau dem Bedarf der einzelnen Tiergattung entsprechender Zusammensetzung und Konzentration ist natürlich im allgemeinen nur näherungsweise realisierbar.

Unter natürlichen Verhältnissen muß der Körper aus dem Angebot an essentiellen Aminosäuren in der Nahrung die gerade zur Proteinsynthese notwendigen Aminosäuren auswählen. Gemäß der außerordentlichen Konstanz des Aminosäuremusters der einzelnen Körpergewebe ist die "Verwendung" der essentiellen

Aminosäuren aus dem Angebot im Futtereweiß nur in demselben Verhältnis möglich, in dem sie dann zu körpereigenem Protein aufgebaut werden. Ein Überschuß einer essentiellen Aminosäure allein ist somit für den Körper wertlos, soweit es sich um die Verwertung zur Proteinsynthese handelt. Dies bedeutet jedoch auch, daß bei zu geringer Konzentration nur einer einzigen Aminosäure sämtliche übrigen Aminosäuren insoweit als "Überschuß" betrachtet werden müssen, als ihre absolute Menge das durch das Verhältnis zur "limitierenden Aminosäure" begrenzte Aufnahmevermögen übersteigt.

Der Wert des Eiweißanteils einer Ration ist also durch die Konzentration seiner limitierenden Aminosäure begrenzt.

Noch ohne nähere Kenntnis dieser Zusammenhänge wurde von THOMAS der Begriff der "biologischen Wertigkeit" geprägt (1908). THOMAS versteht darunter die Brauchbarkeit eines Proteins für die Bildung von Körpereweiß, gemessen als diejenige Menge Körper-N (g), die durch 100 g verdaulichen Nahrungs-N vor dem Abbau bewahrt werden kann.

In vielen Experimenten zeigte es sich, daß sich durch gezieltes Mischen von Proteinen verschiedener Herkunft eine "überadditive" Wirkung ergibt. Es liegt die Wertigkeit eines Proteingemisches, da sich verschiedene limitierende Faktoren ausgleichen, oft erheblich über (oder unter) dem gewogenen arithmetischen Mittelwert der Wertigkeitszahlen der Einzelkomponenten. Dabei gibt es Proteine von hohem und von geringem gegenseitigem "Ergänzungswert".

Da gerade Lysin in vielen pflanzlichen Eiweißstoffen in nicht ausreichender Konzentration vorhanden ist, spielt die Aufwertung dieser Grundnahrungsmittel durch den Überschuß an Lysin aus tierischen Proteinquellen eine erhebliche Rolle in der Ernährungsphysiologie.

Bei der weltweiten Knappheit an wertvollem tierischem Eiweiß wird in nicht mehr allzu ferner Zukunft die Verbesserung lysinarmer Futtermittel durch synthetisch hergestelltes Lysin Bedeutung erlangen. So konnten ROSENBERG u. Mitarb. (1952, 1954) allein durch Zugabe von L-Lysin zu einer Brotdiät eine beträchtliche Wachstumsverbesserung bei Ratten bewirken.

Der nutritive Wert eines Proteins ist nun nach den Erkenntnissen von GUPTA u. Mitarb. (1958) nicht nur durch dessen Aminosäurenzusammensetzung, sondern auch durch die "Verfügbarkeit" dieser einzelnen Aminosäuren für das entsprechende Tier gekennzeichnet.

Aus dem in chemischen Bestimmungen festgestellten Aminosäuregehalt der Futtermittel kann die häufig schwankende Verfügbarkeit dieser Aminosäuren

für die jeweilige Tiergattung nicht erkannt werden (OSTERHOUT u. Mitarb., 1959). KUIKEN und LYMAN (1948) und KUIKEN (1952) konnten durch Messung der in den Faeces wiederausgeschiedenen Lysinmenge der tatsächlichen Verfügbarkeit für das Tier erstaunlich nahekommen. Die Verfügbarkeit des Lysins schwankt selbst in hochverdaulichen tierischen Eiweißfuttermitteln zwischen 60 und 90 % (KRATZER und GREEN, 1957; GUPTA u. Mitarb., 1958). Diese teilweise geringe Verfügbarkeit des Lysins ist besonders bei den sowieso schon lysinarmen pflanzlichen Proteinquellen bedeutsam (SCHWEIGERT und GUTHNECK, 1953).

Verursacht oder verstärkt wird diese oft geringe Verfügbarkeit einzelner essentieller Aminosäuren durch Schädigung während der Verarbeitung und Lagerung. Vor allem langdauernde Einwirkung von Hitze bewirkt eine Schädigung, insbesondere des Lysins, Arginins, Histidins, Methionins und Cysteins (MAURON u. Mitarb., 1955; GUPTA u. Mitarb., 1958). Diese Schädigung erfolgt hauptsächlich bei Anwesenheit von Kohlenhydraten (MAILLARD, 1912) und ist bei Lysin weitaus am stärksten.

Entscheidend für die Beurteilung einer Proteinquelle nach ihrem Aminosäurenmuster ist nun die Tatsache, daß diese Lysinschädigung nicht durch die üblichen chemischen und mikrobiologischen Lysinbestimmungsmethoden erkannt werden kann.

III. Lysinbestimmungsverfahren

Auf Grund der Bedeutung des Lysins in der Ernährung der monogastrischen Haustiere und des Menschen sowie seiner Anfälligkeit gegen Verarbeitungsschäden und Schädigungen während der Lagerung wurden viele Bestimmungsmethoden erarbeitet. Diese Methoden können grundsätzlich in chemische und biologische Verfahren eingeteilt werden.

1) Chemische Methoden

Gravimetrische Bestimmungsverfahren (TURBA, 1948) und kolorimetrische Analysenverfahren (BOULET, NELSON, McFARLANE, 1947) haben sich für Reihenuntersuchungen als wenig geeignet erwiesen.

Heute wird neben der Papierchromatographie (MARTIN und SYNGE, 1941) vorwiegend die Säulenaustauschchromatographie nach MOORE und STEIN (1955) verwendet.

Eine chemische Bestimmung von verfügbarem Lysin mit Hilfe von Dinitro-

fluorbenzol (nach CARPENTER, 1955) wurde im hiesigen Institut modifiziert (ERBERSDOBLER, 1963).

2) Biologische Methoden

a) Mikrobiologische Verfahren

Hier wird das Wachstum oder bestimmte stoffliche Leistungen von Mikroben, für welche die zu untersuchende Aminosäure essentiell ist, zur Bestimmung verwendet.

Für die Lysinbestimmung werden die Bakterienstämme *Leukonostoc mesenteroides* (HAC und SNELL, 1945; STEELE u. Mitarb., 1948), *Streptococcus faecalis* (STOKES u. Mitarb., 1945) sowie der Mutantenstamm *Neurospora crassa* (DOERMANN, 1945) herangezogen.

b) Fütterungsversuche

Hierbei wird aus der Gewichtszunahme oder der N-Retention von Versuchstieren der Lysingehalt der Testnahrung berechnet. Diese Verfahren sind aufwendig, zeitraubend und häufig ungenau.

IV. Lysinbedarf

Erst wenn der Lysingehalt einer Versuchsration bekannt ist, kann auch ergründet werden, bei welchem Lysingehalt des Futters ein optimales Wachstum zu erzielen ist.

Besonders seit durch ROSE (1936) die Fütterung von synthetischen Aminosäurengemischen eingeführt wurde, war es möglich, den genauen Lysinbedarf der einzelnen Tiergattungen festzustellen.

Dieser Lysinbedarf ist jedoch nicht einheitlich, Neben der Tierart sowie dem Alter der entsprechenden Tiere und etwaigen stofflichen Leistungen ist besonders die Zusammensetzung der Futterration für die Höhe der notwendigen Lysinkonzentration entscheidend. Da bei geringem Energiegehalt eines Futters die Nahrungsaufnahme zur Deckung des Energiebedarfs gesteigert werden muß, genügt hier eine geringere Lysinkonzentration als bei einem Futter mit hohem Energiegehalt.

Nach GRAU u. Mitarb. (1950) nimmt bei Erhöhung des Proteingehaltes der Nahrung auch der Methionin- und Lysinbedarf zu; der Bedarf an einzelnen Aminosäuren ist der Proteinaufnahme etwa proportional.

Wie ROSE schon 1937 feststellte, ist für ein optimales Wachstum von jungen Ratten ein Lysingehalt von etwa 1,1 % in einem Futter von üblicher kalorischer Dichte ausreichend. Diese Feststellung wird von SARETT (1956) bestätigt.

Grundsätzlich scheint für die Fütterung der monogastrischen Nutztiere ein Lysingehalt von 4,5 % bis 5,5 % im Protein auch für höchste Leistungen ausreichend.

V. Fischmehl

Die Fischmehle sind sehr hochwertige und somit für die Fütterung der monogastrischen Haustiere sehr bedeutende Eiweißfuttermittel, die aus unverarbeiteten Fischen oder Abfällen der fischverarbeitenden Industrie hergestellt werden. In ihrer Qualität und ihrem Futterwert sind die einzelnen Fischmehlsorten sehr unterschiedlich. Bestimmende Faktoren sind Fischart, Jahreszeit, Fangort sowie dessen Flora und Fauna sowie der Transport und die Lagerdauer bis zur Verarbeitung (STÄHLIN, 1957). Auch das Herstellungsverfahren und das Alter des Fischmehls sind von wesentlicher Bedeutung. Die Verarbeitungsart ist für Gehalt und Wert von Fischmehlen von großer Wichtigkeit, wobei vor allem Intensität und Dauer der Hitzeeinwirkung entscheidend sind.

Die biologische Wertigkeit von Fischmehleiweiß liegt meist zwischen 70 und 90. Die Proteinkonzentration beträgt etwa 50 - 75 %. Der Fettgehalt der handelsüblichen Fischmehle beträgt etwa 0,5 % in entfetteten Heimgsmehlen, 3 % in Magerfischmehlen und 8 - 20 % in fettreichen Mehlen. Der Vitamingehalt schwankt ebenfalls stark. Nach chemischen Analysen ist ein Lysingehalt von 4 - 8 % in der lufttrockenen Substanz zu erwarten.

VI. Versuchsfrage

Für die Beurteilung des Lysingehalts von Eiweißfuttermitteln durch Fütterungsversuche fanden bisher in erster Linie wachsende Küken Verwendung.

Aus Fütterungsversuchen an Geflügel kann man jedoch auf Grund der ganz anders gearteten intestinalen Gegebenheiten und auf Grund des geringeren Lysinbedarfs nur bedingte Rückschlüsse auf die Verfügbarkeit des Lysins für monogastrische Säugetiere ziehen.

Nach ALMQUIST (1957) ist die Ratte in ihrem Verdauungsapparat und in ihrem Eiweißstoffwechsel weitgehend dem Schwein ähnlich, so daß aus Fütterungsver-

suchen an Ratten bindende Rückschlüsse auf den Lysinbedarf der Schweine vermutet werden können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es ursprünglich, eine den Tierversuchen an Küken ähnliche Bestimmung von verfügbarem Lysin an wachsenden Ratten zu erarbeiten und dieselbe mit anderen Bestimmungsmethoden für verfügbares Lysin zu vergleichen. Aus der Gewichtszunahme der Versuchstiere sollte der Gehalt an verfügbarem Lysin in Fischmehlen festgestellt werden.

Da sich die Erarbeitung eines entsprechenden Verfahrens im Rahmen dieser Arbeit als nicht durchführbar erwies, beschränkten sich die weiteren Untersuchungen auf die Feststellung der Ergänzungswirkung verschiedener Fischmehle auf eine Getreideration. Der Eiweißwert der Fischmehle bei Verabreichung als einzige Proteinquelle wurde ebenfalls näherungsweise festgestellt (Wachstumsversuch), ebenso war die chemisch ermittelte Lysinverfügbarkeit bekannt. Dadurch wurde ein Vergleich dieser drei Kriterien für den Proteinwert ermöglicht.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Lysinverfügbarkeit in tierischen Eiweißfuttermitteln durch Tierversuche festzustellen. Dies sollte durch Fütterungsversuche an Ratten in einer Reihe von Fischmehlproben erfolgen. Ebenso war zu prüfen, inwieweit das Wachstum und die Futterverwertung durch eine Ergänzung von Getreiderationen mit Fischmehl beeinflusst wird und ob die Ergänzungswirkung des Fischmehls auf Getreiderationen vorwiegend in dessen Lysingehalt begründet ist.

Der Gehalt der einzelnen Fischmehle an Gesamtlysin und (chemisch bestimmtem) verfügbarem Lysin war bekannt. Als Maßstab für das tatsächlich für das Tier verfügbare Lysin sollten die Gewichtszunahmen dienen, welche durch Zulage des betreffenden Fischmehls zu einer lysinarmen Basaldiät erzielt wurden. (Die chemische Bestimmung des "verfügbaren Lysins" erfolgte durch Bestimmung der freien ϵ -NH₂-Gruppe mit Hilfe der Dinitrofluorbenzolmethode. Diese Untersuchungen sind in der Dissertation ERBERSDOBLER, München 1963 beschrieben.) An demselben Probenmaterial wurde auch der Gehalt an verfügbarem Lysin durch Fütterungsversuche an wachsenden Küken bestimmt. Diese Versuche werden an anderer Stelle beschrieben. Die erhaltenen Werte sollten mit den Ergebnissen der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Fütterungsversuche an Ratten verglichen werden.

In Versuch I wurde das Wachstum und die Futteraufnahme von Ratten bei Verfütterung einer Basalration, die in ihrer Zusammensetzung bis auf das Lysindefizit einer vollwertigen Diät entsprach, und von gleichen Rationen mit graduierten Zulagen von L-Lysin-HCl und Fischmehl geprüft. Die Versuchszeit wurde auf 14 Tage festgelegt, da während dieser Zeit bereits eine deutliche Wachstumswirkung zu erkennen ist.

In Versuch II wurden schwerpunktmäßig einige Versuchsanordnungen von Versuch I herausgegriffen und bei erhöhter Anzahl der Versuchstiere überprüft, da die Ergebnisse von Versuch I hinsichtlich der Streuung zwischen den Versuchstieren nicht befriedigt hatten. Abweichend von Versuch I wurde die Versuchsdauer auf 8 Tage festgesetzt.

In Versuch III wurde in ähnlicher Versuchsanordnung die Auswirkung einer Zugabe von 11 Fischmehlen verschiedener Herkunft und unbekannter Bearbeitung, deren Lysingehalte bekannt waren, zu einer Maisration ermittelt. Hierdurch sollte der Zusammenhang zwischen Lysingehalt und der Ergänzungswirkung auf Getreideprotein geprüft werden.

In Versuch IV schließlich wurden die gleichen Fischmehle wie im Versuch III durch Zugabe zu einer proteinfreien Grundration geprüft, um die Beziehung zwischen Lysingehalt und Eiweißqualität untersuchen zu können. In den Versuchen III und IV wurde stets eine Basaration ohne Fischmehlzusatz (Ration Nr. 12) an die gleiche Anzahl von Tieren, die denselben Verhältnissen ausgesetzt waren, verfüttert.

I. Material und Methodik

1) Tiermaterial

Als Versuchstiere fanden frisch abgesetzte männliche und weibliche Albinoratten von Sprague-Dawley-Abstammung Verwendung. Die Tiere waren etwa 3 Wochen alt.

2) Einrichtungen und Versuchstechnik

Die Haltung der Tiere erfolgte in Drahtkäfigen mit herausziehbaren Kotblechen. Ein fahrbarer Käfigkasten enthielt auf jeder Seite 30 Einzelkäfige, also insgesamt 60 Einzelkäfige. Die Futtergefäße waren am Boden des Käfigs durch einen Blechung vor dem Umwerfen gesichert. Die Trinkflaschen waren im Inneren des Käfigs durch eine Aufhängevorrichtung angebracht. Im Versuchsraum wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit stets annähernd gleich gehalten. Für hinreichende Frischluftzufuhr und Entlüftung wurde gesorgt. Die Tiere wurden nach Gewicht sortiert und in gleichwertigen Gruppen zusammengefaßt. Die Abweichung der Gruppendurchschnittsgewichte wurde auf maximal 2 g festgelegt.

Nur die Tiere des Versuchs I wurden 8 Tage mit einer vollwertigen Vordiat gefüttert, deren Zusammensetzung der nachfolgenden Versuchsdiät bereits weitgehend angeglichen war. Auf diese Vordiat wurde in den weiteren Versuchen verzichtet, da keinerlei Einfluß der Vorperiode auf den anschließenden Versuch erkennbar war und da sich Ratten für Wachstumsversuche um so besser eignen, je jünger sie sind.

Stets zwei annähernd gleich schwere Tiere bildeten ein Käfigpaar. Die Tiere erhielten Wasser und Futter ad libitum. Die Anzahl der Tiere betrug in

Versuch	I: 120 Tiere, 12 Tiere/Ration (2 Ratten/Käfig),
Versuch	II: 120 Tiere, 24 Tiere/Ration (2 Ratten/Käfig),
Versuch	III: 180 Tiere, 15 Tiere/Ration (3 Ratten/Käfig),
Versuch	IV: 180 Tiere, 15 Tiere/Ration (3 Ratten/Käfig).

In Versuch I und II wurden nur männliche Tiere verwendet. In Versuch III und IV war ein Drittel der Tiere weiblichen Geschlechts, was bei der Verteilung auf die Gruppen berücksichtigt wurde.

Jede Ratte wurde mit einer nummerierten Ohrmarke gekennzeichnet. Die Tiere wurden bei Versuchsbeginn und nach 8 bzw. 14 Tagen gewogen und daraus die Gewichtszunahme errechnet. Tiere, die während der Versuchszeit ausschieden, wurden nicht mehr ersetzt. Die Verluste waren im ganzen gering. Am auffälligsten war das Auftreten von Kannibalismus. Auch an starkem Durchfall erkrankten und verendeten einige Tiere. Hier wiederum war auffallend, daß jeweils nur ein Tier einer Käfiggemeinschaft an Durchfall litt. Zusammenfassend schieden in Versuch I mit 120 Tieren ein Tier, in Versuch III mit 180 Tieren drei Tiere und in Versuch IV mit 180 Tieren vier Tiere aus.

Durch Rückwägung der unverbrauchten Menge wurde der Futterverbrauch ermittelt. Das Futter wurde in getrennten Behältern für jeden Käfig im Versuchsraum aufbewahrt.

Die Gewichtszunahmen sind in den Tabellen 5 (S. 17), 7 (S. 18), 9 (S. 20) und 11 (S. 24) aufgezeichnet. Hieraus ist die Beurteilung der einzelnen Rationen und die versuchte Berechnung des Prozentgehaltes an verfügbarem Lysin der einzelnen Fischmehle ersichtlich.

- 3) Die Tiere erhielten während der Versuchszeit Diäten, deren Zusammensetzung für jeden Fütterungsversuch aus der Tabelle 1 (S. 13) zu entnehmen ist.

In den Versuchen I und II wurden der in Tabelle 1, Spalte 2, aufgeführten Basaldiät mit Ausnahme der Rationen 1 und 6 in Versuch I und der Ration 1 in Versuch II graduierte Mengen an L-Lysin-HCl und als Testprotein Fischmehl beigegeben.

Tabelle 1: Diätzusammensetzungen

	Vordiät	Versuchs- diät der Versuche I und II	vollwertige Kontrolldiät der Versuche III und IV	"Getreide- ration" Versuch III	"Stärke- ration" Versuch IV
isoliertes Sojaprotein		4.4			
Gelatine		6.6			
Zein		15.2			
Sojaöl ⁺⁾	10.0	10.0	5.0	5.00	5.00
Mineralstoff- mischung		5.0			
Glucose	37.4	54.8			
Fischmehl	10.0			ca. 6 ⁺⁺⁾	ca. 16-18 ⁺⁺⁾
Zellulose		1.0			
Mais			72.8	ca. 82	
Reisstärke					ca. 72
Sojaschrot (50 %ig)	25.0		15.0		
Molkenpul- ver ⁺⁺⁺⁾	2.0		2.0	2.00	2.00
Fischsolubles	1.0		1.0	1.00	1.00
Dicalcium- phosphat	1.2		2.0	1.10	
Calciumcar- bonat	0.2		1.0	0.75	0.25
Kochsalz, jod.	0.2		0.2	0.20	0.20
Maiskleber	10.0				
Grünmehl	2.0				
"Vormischung"	1.0	3.0	1.0	1.00	1.00
	100.0	100.0	100.0	100.00	100.00
Gesamtprotein- gehalt	26.6%	25.7 %	14.68 %	11.83 %	12.20 %

-
- +) 250 mg BHT/kg Öl
 ++) zu untersuchende Fischmehle
 +++) teilentzuckertes Molkenpulver

Über die Vormischung wurden pro kg der fertigen Ration an Vitaminen eingebracht:

Tabelle 2

	Vordiät	Versuch I und II	Versuch III und IV
Vitamin A	5000 I. E.	10000 I. E.	5000 I. E.
Vitamin D ₃	1000 I. E.	1000 I. E.	2000 I. E.
Vitamin E	20 mg	25 mg	80 mg
Vitamin K ₃	1 mg	2 mg	1 mg
Thiamin	1 mg	25 mg	2 mg
Riboflavin	5 mg	15 mg	3 mg
Pyridoxin		8 mg	2 mg
Nikotinsäure	30 mg	100 mg	10 mg
Ca-Pantothenat	10 mg	20 mg	5 mg
Vitamin B ₁₂	100 mcg	30 mcg	10 mcg
Folsäure		4 mg	
Biotin		300 mcg	
Cholinchlorid	500 mg	2 mg	300 mg
Ascorbinsäure		25 mg	
Kupfersulfat x 5 H ₂ O			78,6 mg
Mangansulfat x 4 H ₂ O			43,9 mg

In Versuch I und II wurden mit der Vormischung die der Ration fehlenden Aminosäuren mit Ausnahme von Lysin zugesetzt, um eine vollwertige Ration zu erhalten. Die nachstehenden Aminosäuren wurden pro kg der Diät zugeführt: 4 g L-Arginin HCl, 1 g L-Histidin-HCl-H₂O, 5 g DL-Methionin, 2 g DL-Tryptophan, 2 g L-Threonin und 3 g L-Valin.

Ebenso wurde in den Versuchen I und II eine Mineralstoffmischung zugesetzt. Sie enthielt pro kg Diät: 12,5 g CaCO₃; 11,65 g Ca₃(PO₄)₂; 8,34 g K₂HPO₄ (siccum); 6,67 g NaCl; 5,83 g Na₂HPO₄ (siccum); 4,17 g MgSO₄ (7 H₂O); 0,38 g Eisenzitrat; 0,38 g Mangansulfat (4 H₂O); 0,03 g Zinkcarbonat; 0,02 g Kupfersulfat (5 H₂O); 0,03 g Kaliumjodid.

Von der Mischung in Versuch I wurden 10 Rationen gebildet. Dieser Basaldiät wurden die graduierten Mengen an Lysin und Fischmehl beigelegt, wobei zu berücksichtigen war, daß 0,15 % L-Lysin gleich 0,1875 % L-Lysin-HCl in kristalliner Form entsprechen. Die Zusätze in Versuch I und II wurden auf Kosten des Glucoseanteils der Diät beigegeben.

Tabelle 3: V E R S U C H S A N L A G E

(Die Nummern beziehen sich auf die Rations-Nummern innerhalb des Versuches. In Versuch III und IV sind die Rations-Nummern mit den Fischmehl-Nummern identisch!)

	Basalration	Lysinkonzentration (zugewetztes Lysin)	Fischmehlkonzentration
VERSUCH I	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 7
	Nr. 6	Nr. 3	Nr. 8
		Nr. 4	Nr. 9
		Nr. 5	Nr. 10
VERSUCH II	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 4
		Nr. 3	Nr. 5

Fischmehlkonzentrationen:

(Die Fischmehle wurden in proteinäquivalenten Mengen zugewetzt)

VERSUCH III	Nr. 1	5.5 %	Nr. 7	5.6 %	Nr. 1	15.5 %	Nr. 7	15.8 %
("Getreide- Ration")	Nr. 2	6.5 %	Nr. 8	5.5 %	Nr. 2	18.5 %	Nr. 8	15.5 %
	Nr. 3	5.6 %	Nr. 9	5.9 %	Nr. 3	15.9 %	Nr. 9	16.6 %
	Nr. 4	5.4 %	Nr. 10	5.6 %	Nr. 4	15.3 %	Nr. 10	15.7 %
	Nr. 5	6.2 %	Nr. 11	5.6 %	Nr. 5	17.5 %	Nr. 11	15.9 %
	Nr. 6	5.9 %	Nr. 12	ohne Fischmehl ⁺⁾	Nr. 6	16.7 %	Nr. 12	ohne Fischmehl ⁺⁾

⁺⁾ "vollwertige" Kontrolldiät,
s. Tab. 1, Spalte 2, S. 13

Aus der Tabelle 3 (Seite 15) sind die Lysin- und Fischmehlkonzentrationen ersichtlich, wie sie den einzelnen Rationen beigelegt wurden.

In Versuch III und IV wurden 11 handelsübliche Fischmehle verwendet. Die Rohproteingehalte und die Verdaulichkeit (Pepsin-Salzsäure) des Rohproteins sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Fischmehl- Nr.	Rohprotein %	verd. Rohprotein %	Rohprotein- Verdaulichkeit %
1	69.44	60.64	88.4
2	58.79	52.52	89.8
3	67.96	57.93	85.3
4	70.68	65.07	91.5
5	61.75	56.27	90.3
6	64.80	50.58	78.5
7	68.49	62.00	89.9
8	69.64	64.33	92.8
9	65.15	58.38	89.2
10	68.60	61.22	88.4
11	67.90	60.02	88.2

II. Ergebnisse

Die in Versuch I erhaltenen Wachstumsdaten sind in Tabelle 5 (Seite 17) wiedergegeben:

Tabelle 5

Rations- Nr.	Gewicht bei Ver- suchsbe- ginn, g	Gewicht nach 8 Tagen g	tägl. Zu- nahme nach 8 Tagen g	Zunahme in 14 Tagen g	tägl. Zu- nahme in 14 Tagen g
1 (Basal- diät)	91.8	103.0	1.4	38.3	2.7
2 (0.15 % Lysin)	91.3	107.6	2.0	45.4	3.2
3 (0.30 % Lysin)	90.0	109.4	2.4	49.4	3.5
4 (0.45 % Lysin)	91.6	109.8	2.3	42.2	3.0
5 (0.60 % Lysin)	91.4	111.1	2.5	51.8	3.7
6 (Basal- diät)	91.3	104.3	1.6	39.16	2.8
7 (2.5 % Fischmehl)	91.8	113.8	2.5	54.8	3.9
8 (5.0 % Fischmehl)	91.7	114.8	2.9	63.1	4.5
9 (7.5 % Fischmehl)	91.9	120.8	3.6	68.4	4.9
10 (10.0 % Fischmehl)	92.1	112.6	2.6	51.6	3.7

Für jede Ration standen 3000 g der Futtermischung zur Verfügung. Nach der Rückwaage ergaben sich im 14-tägigen Durchschnitt pro Ration und pro Tier

nachstehende Verzehrswerte:

Tabelle 6

Rations-Nr.	Futtermittelverzehr in g (Versuch I)	
	in 14 Tagen/Tier	pro Tag/Tier
1	191.1	13.7
2	203.7	14.5
3	183.7	13.1
4	196.8	14.1
5	197.4	13.3
6	193.1	13.8
7	207.5	14.8
8	208.5	14.9
9	206.4	14.7
10	202.2	14.4

Die erzielten Wachstums- und Verzehrswerte aus Versuch II sind in Tabelle 7 enthalten:

Tabelle 7

Zunahmen (g) und Futtermittelverzehr (g), Versuch II

Rations-Nr.	Gewicht bei Versuchsbeginn	Gewicht nach 8 Tagen	Einzelzunahme	Zunahme pro Tag/Tier	Futtermittelverbrauch pro Tier/Tag
1 (Basaldiät)	27.9	42.8	14.9	1.9	6.8
2 (0.15 % Lysin)	28.1	45.2	17.1	2.1	7.9
3 (0.30 % Lysin)	27.6	47.0	19.3	2.4	7.7
4 (2.5 % Fischmehl)	28.0	49.0	21.0	2.6	8.1
5 (5.0 % Fischmehl)	27.1	49.6	22.5	2.8	7.7

Durch Zugabe von Lysin und Fischmehl zur lysinarmen Basaldiät ergibt sich eine von der Höhe dieser Supplementierung abhängige Mehrzunahme, die Rückschlüsse auf den Lysingehalt der Zulagen erlauben sollte. Wenn sämtliche

essentiellen Nahrungsbestandteile außer Lysin in genügender Konzentration vorhanden sind, kann geschlossen werden, daß die durch das Fischmehl erhaltene Mehrzunahme allein in dessen Lysingehalt begründet ist. Bei Annahme einer linearen Beziehung zwischen Lysinkonzentration und Wachstum in dem hier vorliegenden engen Bereich läßt sich somit der Lysingehalt einer Protein-
zulage durch Vergleich mit der Wirkung reinen Lysins errechnen.

Rechenbeispiel

Durch die Basaldiät ergibt sich eine durchschnittliche Gewichtszunahme von 38,3 g. Bei einem Zusatz von 0,15 % Lysin wurde diese Zunahme auf 45,4 g gesteigert. Dagegen steigt bei einem Zusatz von 2,5 % des zu untersuchenden Fischmehls die Gewichtszunahme in derselben Versuchsdauer auf 54,8 g. Dies bedeutet eine Mehrzunahme von 7,1 g bei einer Zugabe von 0,15 % Lysin bzw. von 16,5 g bei einem Zusatz von 2,5 % Fischmehl. Wenn man annimmt, daß die Mehrzunahme durch 2,5 % Fischmehl allein auf dessen Lysingehalt beruht, so entsprechen die 2,5 % Fischmehl einer Lysinzugabe von

$$\frac{16,5 \times 0,15}{7,1} = 0,34 \% \text{ Lysin}$$

Der Lysingehalt des Fischmehls wäre also

$$\frac{0,34 \times 100}{2,5} = 13,6 \% \text{ (verfügbares Lysin).}$$

Tabelle 8 Berechnung des scheinbaren Lysingehalts aus den Ergebnissen von Versuch I und II⁺⁾

<u>Versuch I</u>			
<u>Rations-Nr.</u>	<u>Fischmehlzugabe</u>	<u>Lysinzugabe</u>	<u>verfügbares Lysin⁺⁾</u>
2		0,15 %	
7	2,5 %		13,6 %
3		0,30 %	
8	5,0 %		13,4 %
4		0,45 %	
9	7,5 %		47,0 %
5		0,60 %	
10	10,0 %		5,9 %

⁺⁾ Die Werte sind als Schätzwerte für das verfügbare Lysin offensichtlich

Fortsetzung von Tabelle 8

Versuch II

Rations-Nr.	Fischmehlzugabe	Lysinzugabe	verfügbares Lysin
2		0.15 %	
4	2.5 %		16.4 %
3		0.30 %	
5	5.0 %		10.4 %

Die im Versuch III erzielten Wachstumsdaten sowie die Futterverbrauchs-
zahlen sind in Tabelle 9 aufgezeichnet.

Tabelle 9

Rations-Nr. = Fischmehl- Nr.	Gewicht zu Versuchsbe- ginn	Zunahme nach 14 Tagen	Zunahme pro Tier/ Tag	g Futterver- zehr/Tier/ Tag
1	38.5	53.1	3.8	11.2
2	38.5	44.2	3.2	10.1
3	38.4	53.7	3.8	10.6
4	38.3	44.9	3.2	10.5
5	38.3	39.5	2.8	9.6
6	38.3	48.1	3.4	9.8
7	38.3	44.1	3.2	9.2
8	38.2	40.0	2.9	9.6
9	38.2	48.6	3.5	10.4
10	38.2	44.9	3.2	9.5
11	38.3	48.5	3.5	9.8
12 (voll- wertige Kontroll- diät)	38.2	63.7	4.5	10.1

Die im Versuch IV erhaltenen Ergebnisse sind der nachfolgenden Aufstellung
in der Tabelle 10 (Seite 21) zu entnehmen, ebenso die Futterverbrauchsdaten.

Tabelle 10

Rations- Nr.	Gewicht zu Ver- suchs- beginn g	Zunahme nach 8 Tagen g	Zunahme nach 14 Tagen g	Zunahme pro Tier/ Tag g	Futter- verbrauch pro Tag g
1	44.0	19.4	47.0	3.4	10.2
2	44.0	17.6	40.2	2.9	9.8
3	43.5	21.0	49.0	3.5	11.1
4	43.8	16.2	38.5	2.8	10.1
5	43.4	22.3	47.0	3.4	11.4
6	43.6	17.5	39.4	2.8	10.0
7	43.0	15.6	37.9	2.7	8.8
8	43.5	16.5	35.8	2.6	9.8
9	44.5	23.0	49.8	3.6	10.2
10	43.5	16.1	38.7	2.8	9.2
11	43.1	18.7	47.2	3.4	9.6
12	43.5	28.5	65.9	4.7	10.7

III. Diskussion

Die in Versuch I mit der doppelten Tierzahl geprüfte Basalration erbrachte einmal (als "Ration 1") 38,3 g Zunahme in 14 Tagen, als "Ration 6" hingegen 39,2 g. Diese beiden Ergebnisse mit der gleichen Ration vermitteln ein Bild von der Versuchsgenauigkeit: Der Unterschied beträgt nur 2 % im Gegensatz zu den durch die Lysin- und Fischmehlergänzungen erhaltenen Differenzen, die zwischen 8 % und dem Mehrfachen hiervon liegen.

Sowohl die Lysinzulagen als auch die Fischmehlzusätze bewirkten beträchtliche Mehrzunahmen gegenüber der Basalration. Dadurch wird bestätigt, daß es sich tatsächlich um eine Lysinmangeldiät handelt, die den Lysinbedarf für optimales Wachstum nicht deckt.

Allerdings zeigt sich weder beim Lysin noch beim Fischmehl eine einwandfreie lineare Beziehung zur Konzentration der Zulage (tägliche Mehrzunahme gegenüber der Basaldiät):

Lysin, %	0,15	0,30	0,45	0,60
Mehrzunahme, g	0,5	0,8	0,3	1,0
Fischmehl, %	2,5	5,0	7,5	10,0
Mehrzunahme, g	1,2	1,8	2,2	1,0

Diese etwas erratischen Ergebnisse lassen vermuten, daß die Basalration nicht nur einen Lysinmangel aufweist, sondern daß auch noch andere Nährstoffe in ungenügender Konzentration enthalten sind, denn anders läßt sich die erhebliche Überlegenheit des Fischmehls gegenüber etwa "lysinäquivalenten" Lysinnengen nicht erklären. Die Diskrepanz zwischen "scheinbarer Lysinwirkung" und dem tatsächlichen Lysingehalt (der auch bei besten Fischmehlen 10 % in der ursprünglichen Substanz nie übersteigt), geht besonders aus Tabelle 8 (Seite 19/20) hervor, in der der Versuch gemacht wurde, den Lysingehalt des Fischmehls aus der Äquivalenzbeziehung zu den Zulagen reinen Lysins zu berechnen.

Auch scheint das Lysindefizit der Diät nicht genügend ausgeprägt, um eine klare lineare Beziehung zu erhalten. Sie ermöglichte immerhin tägliche Zunahmen von 2,7 g, also bereits über die Hälfte der besten in diesem Versuch (Ration 9, 7,5 % Fischmehl) beobachteten Zunahmen.

Diese für Lysinmangelversuche an Küken (vgl. WEBER, 1961) brauchbare Diät scheint somit ungeeignet, entsprechende Untersuchungen an der Ratte vorzunehmen. Wahrscheinlich bedürfte es vor allem einer Veränderung des Proteingemisches unter weiterer Herabsetzung des Lysingehaltes, um diese Diät für Lysinverfügbarkeitsstudien an der Ratte zu modifizieren.

Die Ergebnisse von Versuch II bestätigen diese Vermutung: Trotz Verdopplung der Tierzahl/Ration zur Verringerung des Versuchsfehlers und viel geringerem Anfangsgewicht der Tiere scheint der Lysinbedarf durch die Basaldiät bereits soweit gedeckt zu sein, daß nur die niedrigste Zulagekonzentration von Lysin (bzw. Fischmehl) eine Mehrzunahme ergibt.

Um trotzdem wenigstens Relativwerte für die Beziehung "Lysingehalt : Wachstumswirkung beim Tier" für die zu prüfenden Fischmehlproben erhalten zu können, wurde in den folgenden Versuchen geprüft, in welchem Ausmaß Fischmehle von bekanntem Lysingehalt bei knapper Proteinversorgung die Körpergewichtszunahmen beeinflussen, wenn sie

1) als einzige Ergänzung zu Getreideprotein (Versuch III)

oder

2) als einziges Rationsprotein überhaupt (Versuch IV)

verabreicht werden.

Diese Versuche zeigen gleichzeitig, inwieweit die biologische Wertigkeit von Fischmehleiweiß, die sich ja auch auf die Verwertung dieses Proteins als einziges Nahrungsprotein bezieht, in einer Beziehung zu seiner Ergänzungswirkung auf Getreideprotein und damit seiner Anwendung in der praktischen Fütterung steht.

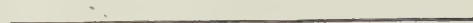
Die in den Tabellen 9 (Seite 20) und 11 (Seite 24) enthaltenen täglichen Zunahmen in Versuch III und IV zeigen zunächst, daß zwischen den einzelnen Fischmehlen beträchtliche Unterschiede bestehen. In beiden Versuchen ist das jeweils beste Fischmehl dem schlechtesten - gemessen am Gewichtszuwachs - um mehr als ein Drittel überlegen.

Interessanter als diese absoluten Unterschiede ist jedoch nun ein Vergleich der Ergebnisse von Versuch III und Versuch IV bezüglich der Rangfolge der einzelnen Fischmehle, die sich einmal für die "Ergänzungswirkung" und zum anderen für ihren Wert als einzige Proteinquelle ergibt. Hierbei ist zu beachten, daß die beiden Versuche zu verschiedenen Zeiten und folglich auch mit unterschiedlichem Tiermaterial durchgeführt wurden, was ihre Vergleichbarkeit beeinträchtigt.

Die folgende Übersicht (Seite 24) zeigt die Rangfolge der 11 Fischmehle von "schlecht" bis "gut" für Versuch III (Ergänzungswirkung zu Getreideprotein) und Versuch IV (Fischmehl als einzige Proteinquelle) im Vergleich zur Rangfolge der chemisch bestimmten Konzentration an verfügbarem Lysin (ERBERSDOBLER, 1963) in diesen 11 Fischmehlen.

Tabelle 11

Übersicht

Gering  gut

"Ergänzungswirkung"

(Versuch III)

Fischmehl-Nr.	5	8	2	7	4	10	6	9	11	1	3
g tägl. Zunahme	2.8	2.9	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	3.5	3.5	3.8	3.8

"Eiweißwertigkeit"

(Versuch IV)

Fischmehl	8	7	4	6	10	2	1	5	11	3	9
g tägl. Zunahme	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6

DNFB-verfügbares

Lysin im Protein

Fischmehl-Nr.	4	8	2	9	5	7	6	10	3	1	11
% Lysin	5,5	6,3	6,5	6,6	6,6	6,7	6,8	7,3	7,8	8,2	8,2

(g/16 g N)

Trotz einiger Überschneidungen in der Rangfolge - wobei die geringen numerischen Unterschiede bei den Qualitätskriterien zu beachten sind - kann die Übereinstimmung der drei unabhängig voneinander bestimmten Qualitätskriterien als gut bezeichnet werden. Dieses Ergebnis läßt den Schluß zu, daß der Gehalt an verfügbarem Lysin ein sehr wesentliches Qualitätsmerkmal für Fischmehle ist, das in enger Beziehung zu seiner Wirkung in der praktischen Fütterung stehen dürfte.

Somit erscheint auch die Dinitrofluorbenzolmethode geeignet, den Wert eines Fischmehles insbesondere für die Schweinefütterung in kurzer Zeit und ohne aufwendige biologische Methoden näherungsweise zu bestimmen.

D. ZUSAMMENFASSUNG

Im ersten Teil der Untersuchungen wurde durch graduierte Zulagen von L-Lysin bzw. Fischmehl zu einer lysinarmen Basaldiät der Versuch unternommen, den Gehalt des Fischmehls an für die Ratte verfügbarem Lysin zu bestimmen (Versuch I und II). Wegen ungenügender Eignung der gewählten Basaldiät wurden hierbei keine brauchbaren Ergebnisse erhalten.

Die weiteren Untersuchungen erstreckten sich auf den Vergleich von 3 Kriterien zur Beurteilung des Proteinwertes von 11 verschiedenen Fischmehlproben:

1. Gewichtszunahme von Ratten bei Verfütterung des betreffenden Fischmehls als einzige Proteinquelle;
2. "Ergänzungswert" des Fischmehls auf eine Getreide-Basalration;
3. Chemisch bestimmter Gehalt an verfügbarem Lysin (Dinitrofluorbenzolmethode, vgl. ERBERSDOBLER, 1963).

Es wurde eine befriedigende Übereinstimmung der 3 Qualitätskriterien festgestellt, die als Bestätigung für die grundsätzliche Brauchbarkeit der Dinitrofluorbenzolmethode für die Ermittlung der Eiweißqualität und damit auch des Futterwertes von Fischmehl für die praktische Fütterung aufgefaßt wird.

E. LITERATURVERZEICHNIS

- | | |
|---|--|
| Almquist, H.J. | Proteins and Amino Acids in Animal Nutrition
U. S. Industrial Chemicals Co., 4th Edition,
1957 |
| Boulet, M., J. A. Nelson,
W. D. McFarlane | Canad. J. Res. (B) <u>25</u> , 540 (1947) |
| Brüggemann, Johs.,
H. Zucker | Kraftfutter H. 9, 190 (1955) |
| Carpenter, K. J., G. M.
Ellinger, D. H. Shrimpton | J. Sci. Fd. Agric. <u>6</u> , 296 (1955) |
| Carpenter, K. J. | Biochem. J. <u>77</u> , 604 (1960) |
| Cohen, P. P. | Biochem. J. <u>33</u> , 1478 (1939) |
| Doermann, A. H. | J. Biol. Chem. <u>60</u> , 95 (1945) |
| Erbersdobler, H. | Diss. München 1963 |
| Grau, C. R., M. Kamei | J. Nutr. <u>41</u> , 89 (1950) |
| Gupta, J. D., A. M. Dakroury,
A. E. Harper, C. A. Elvehjem | J. Nutr. <u>64</u> , 259 (1958) |
| Hae, L. R., E. E. Suell | J. Biol. Chem. <u>159</u> , 221 (1945) |
| Haggar, R., T. D. Kinney,
N. Kaufmann | J. Nutr. <u>57</u> , 305 (1955) |
| Kratzer, F. H., N. Green | Poultry Sci. <u>36</u> , 562 (1957) |
| Kuiken, K. A., C. M.
Lyman | J. Nutr. <u>36</u> , 359 (1948) |
| Kuiken, K. A. | J. Nutr. <u>46</u> , 13 (1952) |
| Maillard, L. C. | Compt. rend. <u>154</u> , 66 (1912) |
| Martin, A., R. Synge | Biochem. J. <u>35</u> , 1358 (1941) |
| Mauron, J., F. Mottu,
E. Bujard, R. H. Egli | Arch. Biochem. Biophys. <u>59</u> , 433 (1955) |
| Moore, S., W. H. Stein | J. biol. chem. <u>192</u> , 663 (1951) |

- Neuberger, A., F. Sanger Biochem. J. 37, 515 (1943)
- Osborne, T.B., L.B. Mendel J. Biol. chem. 17, 325 (1914)
zit. nach R.S. Harris, J. Nutr. 67, 549 (1959)
- Oosterhout, L.E., C.R. Grau,
B.D. Lundholm J. Nutr. 69, 65 (1959)
- Rose, W.C. Science 86, 298 (1937)
- Rosenberg, H.R., E.L.
Rohdenburg Arch. Biochem. Biophys. 37, 461 (1952)
- Rosenberg, H.R., E.L.
Rohdenburg, J.T. Baldini Arch. Biochem. Biophys. 49
- Sarett, H.P. J. Nutr. 60, 129 (1956)
- Scheunert, A.,
A. Trautmann Lehrbuch der Veterinärphysiologie 4. Auflage, 1957
- Schweigert, B.S.,
B.T. Guthneck J. Nutr. 49, 277 (1953)
- Stählin, A. Die Beurteilung der Futtermittel, Bd. 12,
Neumann-Verlag, Berlin 1957
- Steele, B.F., H.E. Sanberlich,
M.S. Regnolds, C.A. Baumann J. biol. Chem. 177, 533 (1948)
- Stokes, S.L., M. Junnes, J.M.
Dwyer, M.C. Carwell J. biol. Chem. 160, 35 (1945)
- Thomas, K. Arch. Anat. u. Physiol. 219 (1909)
- Turba, F.Z. Hoppe Seyler's Ztschr. 283, 19 (1948)
- Weissmann, N.,
R. Schoenheimer J. biol. Chem. 140, 779 (1941)

Nach Beendigung der Arbeit möchte ich
Herrn Professor Dr. Dr. Johs. Brüggemann
herzlichen Dank sagen für das überlassene
Thema und die äußerst günstigen Arbeitsbe-
dingungen in seinem Institut.

Besonders möchte ich mich auch bei Herrn
Priv. Dozent Dr. Hermann Zucker herzlich
bedanken, der mir stets hilfsbereit zur Seite
stand.

L e b e n s l a u f

Ich, Hans Franz Josef Ecker, wurde am 19. Januar 1937 als Sohn des Prokuristen Sebastian Ecker und seiner Ehefrau Aloysia, geb. Schmidbauer, in Freising geboren.

Nach 4 Jahren Volksschule in Freising besuchte ich zuerst das hum. Gymnasium in Freising und trat dann später in das hum. Gymnasium in Scheyern ein, wo ich im Juli 1957 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1957/58 begann ich an der tierärztlichen Fakultät der Universität München mit meinem Studium und beendete es im September 1962 mit dem Staatsexamen.

Vom 1. Oktober 1962 bis 31. März 1963 war ich als Praktikant bei einem Lehtierarzt in Mering bei Augsburg tätig. Dort bin ich seit meiner Bestallung vom 1. April 1963 als Assistent beschäftigt.

